

## Адамантановые углеводороды в нефтях и конденсатах Западной Якутии

О.Н. Чалая, С.Х. Лифшиц, В.А. Каширцев

*Адамантаны обладают высокой термической стабильностью и стойкостью к биодegradации, что позволяет использовать их для генетической корреляции в системе нефть–нефть. В связи с этим было изучено содержание, состав и характер распределения адамантановых углеводородов в различных генетических типах нефтей и конденсатов Западной Якутии. Материалом исследования послужили: конденсат Средневилюйского месторождения из горизонта Т<sub>1</sub>-III, нефть Мастахского месторождения из горизонта J<sub>1</sub>-I, генетически связанные с органическим веществом сапропелитогумитов континентальных фаций, и венд-кембрийские нефти Талаканского и Иреляхского месторождений, генерированные органическим веществом морских фаций.*

*В результате проведенных исследований во всех изученных флюидах обнаружены адамантан и его гомологи. Количественное содержание адамантанов преимущественно определяется химическим типом нефти и источником их генерации. Наибольшее содержание адамантановых углеводородов (0,28%) установлено в нафтенной нефти Мастахского месторождения, наименьшее (0,04%) – в алкановых нефтях Талаканского и Иреляхского месторождений, в средневилюйском конденсате содержание адамантанов 0,08%. Состав и распределение адамантанов в узких дистилятных фракциях нефтей и конденсата, выкипающих в пределах 150–250°С, носят однотипный характер. По мере повышения температуры выкипания фракций в них уменьшается содержание адамантана и суммарное содержание более низкомолекулярных алкилзамещенных адамантанов и увеличивается доля более высокомолекулярных.*

*Установлен неравновесный характер распределения алкилзамещенных адамантанов во всех исследованных флюидах, в целом характерный для нефтей, указывающий на важную роль кинетического фактора в процессах образования адамантановых углеводородов. Это может свидетельствовать в пользу того, что образование адамантановых структур протекало преимущественно в ходе миграции нефтяных углеводородов в потоке глубинных флюидов. Вследствие этого содержание и соотношение изомеров адамантановых УВ должны зависеть не только от состава нефти и материнского органического вещества, но и от путей миграции углеводородов, времени миграции, состава пород, выполняющих функцию катализатора в процессах изомеризации.*

**Ключевые слова:** адамантановые углеводороды, их содержание, нефти и конденсаты Западной Якутии.

*Adamantanes are characterized by high thermal stability and resistance to biodegradation, that allow to use them for genetic correlation in oil-oil system. In this context, we studied the content, composition and character of distribution of adamantane hydrocarbons in different genetic types of oil and condensate of West Yakutia. The following materials were studied: condensate of the Middle Viluy field from horizon T<sub>1</sub>-III, oil of the Mastakh deposit from horizon J<sub>1</sub>-I, both genetically related to the organic matter of sapropelite-humite of the continental facies, as well as Vendian-Cambrian oils of the Talakan and Irelyakh deposits generated by the organic matter of the marine facies.*

*Adamantane and its homologues were found in all the studied fluids. The amount of adamantanes is mainly controlled by the chemical type of oil and the source of their generation. The highest content of adamantane hydrocarbons (0,28%) is established in naphthene oil of the Mastakh deposit, while the lowest concentration (0,04%) is registered in alkane oils of the Talakan and Irelyakh deposits. The Middle Viluy condensate contains 0,08% adamantanes. Close-cut oil and condensate fractions distilled at 150-250oC are close in the composition of adamantanes and in the character of their distribution. As the distillation temperature of the fractions rises, their adamantane contents and the total amount of low-molecular alkyl adamantanes decrease while that of high-molecular ones increases.*

*A disequilibrium distribution of alkyl adamantanes is established in all the fluids studied, which, in general, is typical of oils. This is indicative of the important role of the kinetic factor in the formation of adamantane hydrocarbons. It is concluded that the amount and ratio of isomers of adamantane hydrocarbons depend*

---

ЧАЛАЯ Ольга Николаевна – к.г.-м.н., зав. лаб. Института проблем нефти и газа СО РАН, o.n.chalaya@ipng.ysn.ru; ЛИФШИЦ Сара Хаимовна – к.х.н., в.н.с. Института проблем нефти и газа СО РАН, s.h.lifshits@ipng.ysn.ru; КАШИРЦЕВ Владимир Аркадьевич – д.г.-м.н., чл.-корр. РАН, зам. директора Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, KashircevVA@ipgg.sbras.ru.

*not only on the composition of oil and the parent organic matter but also on the paths and time of hydrocarbons migration and the composition of the rocks acting as catalysts in isomerization processes.*

Key words: adamantane hydrocarbons, adamantane hydrocarbons content, oils and condensates of West Yakutia.

## Введение

Адамантаны – углеводороды (УВ) каркасного строения, содержащие по крайней мере один фрагмент адамантана. Адамантан – трицикло [3,3,1,1<sup>3,7</sup>] декан – трициклический насыщенный мостиковый УВ состава  $C_{10}H_{16}$ , состоящий из трех циклогексановых колец в конформации «кресло». Алкиладамантаны представляют смесь изомеров, различающихся строением алкильной цепи, числом и положением заместителей в ядре адамантана. Источником адамантана и его гомологов в нефти, по мнению многих исследователей, могут быть полициклические УВ [1, 2].

Адамантаны присутствуют в нефтях различного возраста, различной степени преобразованности, генерированных в различных литолого-фациальных условиях [2–7]. Количество адамантана в нефтях зависит от химической природы нефти. Наиболее высоким содержанием характеризуются нефти нафтенового типа. Исследования адамантанов представляют существенный интерес для выяснения вопросов происхождения и взаимных превращений УВ нефти. Вследствие высокой термической стабильности адамантанов и стойкости к биодegradации эти УВ могут использоваться для генетической корреляции в системе нефть–нефть.

Целью исследований явилось изучение содержания, состава и характера распределения адамантановых УВ в различных генетических типах нефтей и конденсатов Западной Якутии.

## Материал и методика исследований

Материалом исследования послужили конденсат Средневилюйского месторождения из горизонта  $T_1$ -III, нефть Мастахского месторождения из горизонта  $J_1$ -I, генетически связанные с ОВ сапропелито-гумитов континентальных фаций, и венд-кембрийские нефти Талаканского и Иреляхского месторождений, генерированные органическим веществом морских фаций. Изучалось распределение адамантановых УВ состава  $C_{10}H_{16}$ – $C_{14}H_{24}$  во фракциях 150–250°C и в узких 10- и 20-градусных дистилятных фракциях, выкипающих в этих же пределах. Фракция 150–250°C и узкие дистилятные фракции отбирали на лабораторном

анализаторе фракционного состава АРН-ЛАБ–02.

Индивидуальный углеводородный состав конденсата, нефтей и их фракций определялся методом хромато-масс-спектрометрии на приборе Agilent 6890, имеющий интерфейс с высокоэффективным масс-селективным детектором Agilent 5973N. Хроматограммы УВ были получены по общему ионному току и фрагментным ионам. Идентификация соединений осуществлялась сравнением полученных индивидуальных масс-спектров с уже имеющимися спектрами в библиотеке системы, а также с опубликованными данными [8]. Адамантановые УВ определяли сканированием по фрагментным ионам  $m/z$  135, 136, 149, 163 и 177.

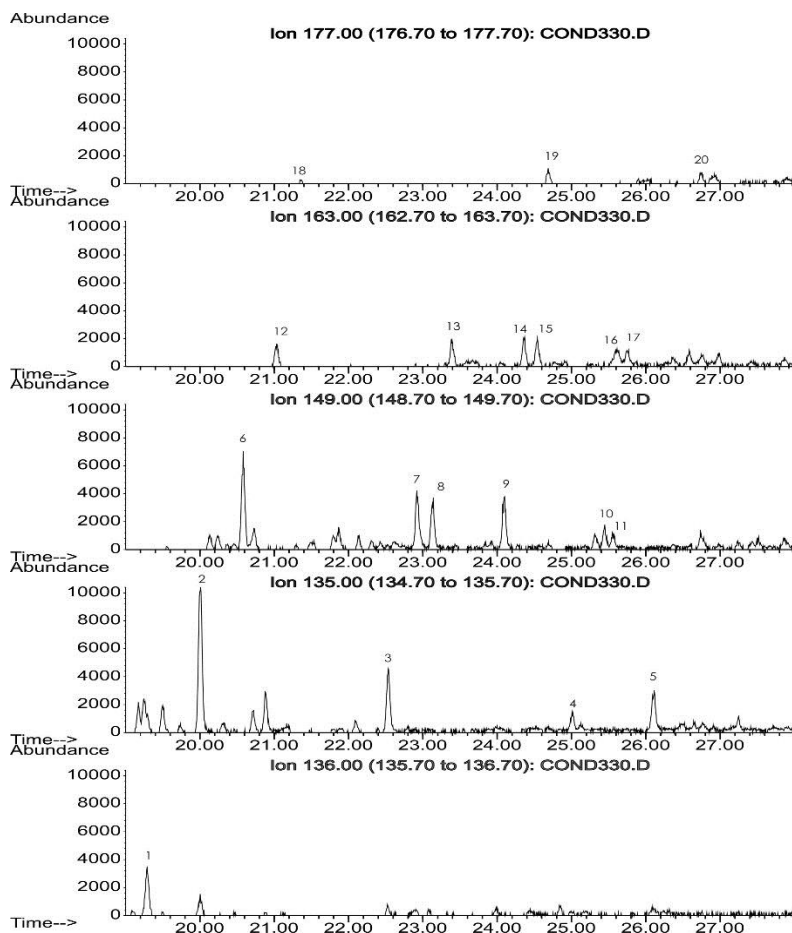
## Результаты и их обсуждение

Конденсат нижнетриасовых отложений Средневилюйской площади характеризуется высоким содержанием циклических углеводородов – 46,1%. Адамантановые УВ, представленные гомологическим рядом от  $C_{10}H_{16}$  до  $C_{14}H_{24}$  (рисунок, табл.1), сконцентрированы во фракции 150–250°C, на долю которой приходится 15% об. Содержание адамантанов в конденсате 0,08%. Среди них преобладают диметилзамещенные гомологи, максимум распределения среди которых приходится на 1,3-диметиладамантан. Монометилзамещенные адамантаны составляют 34,04%, в наибольшем количестве среди них содержится 1-метиладамантан (рисунок, табл.1, 2).

Узкие дистилятные фракции, выкипающие в пределах 150–250°C, характеризуются однотипным характером распределения адамантановых УВ.

По мере повышения температуры выкипания фракций в них уменьшается содержание адамантана и суммарное количество более низкомолекулярных алкилзамещенных адамантанов и увеличивается доля более высокомолекулярных. Среди ди- и триметиладамантанов цис-изомеры несколько преобладают над транс-изомерами или находятся в приблизительно равных количествах.

Нефть Мастахского месторождения из нижнеюрских отложений (скв.77, интервал отбора 1712–1713,6 м) – тяжелая (плотность 920,9 кг/м<sup>3</sup>), с вязкостью 33,3 мм<sup>2</sup>/с, малосернистая (0,10%), малосмолистая (5,9%), с низким содержанием асфальтенов (0,47%). На долю углеводородов приходится 93,75%. Нефть характеризуется вы-



Масс-фрагментограммы адамантанов конденсата Средневилуйского месторождения. Идентификация адамантанов в табл.1

сокой температурой начала кипения и низким выходом бензиновой фракции. В углеводородном составе отбензиненной нефти преобладают нафтеново-ароматические структуры (55,63%).

По химическому составу исследованная нефть может быть отнесена к нафтеновым неф-

тям. Особенности в составе и характере распределения алифатических УВ этой нефти [9] обусловлены влиянием процессов биodeградации, возможность протекания которых в нижнеюрских нефтях Вилуйской синеклизы определяется неблагоприятной гидродинамической обстанов-

кой, низкой минерализацией пластовых вод, активной инфильтрацией, невысокой температурой в залежах. На долю фракции 150–250°C, содержащей адамантановые УВ, приходится 4%. Адамантановые УВ составляют в расчете на нефть 0,28% и представлены гомологическим рядом от  $C_{10}H_{16}$

до  $C_{14}H_{22}$ . В составе адамантанов преобладают диметилзамещенные адамантаны, максимум распределения среди которых приходится на 1,3-диметиладамантан. Монометилзамещенные адамантаны составляют 29,96%, в наибольшем количестве среди них содержится 1-ме-

Таблица 1

Идентификация адамантановых УВ

| № пика | Название УВ                   |
|--------|-------------------------------|
| 1      | Адамантан                     |
| 2      | 1-метиладамантан              |
| 3      | 2-метиладамантан              |
| 4      | 1-этиладамантан               |
| 5      | 2-этиладамантан               |
| 6      | 1,3-диметиладамантан          |
| 7      | 1,4-диметиладамантан цис      |
| 8      | 1,4-диметиладамантан транс    |
| 9      | 1,2-диметиладамантан          |
| 10     | 3-метил-1-этиладамантан       |
| 11     | 2,4-диметиладамантан          |
| 12     | 1,3,5-триметиладамантан       |
| 13     | 1,3,6-триметиладамантан       |
| 14     | 1,3,4-триметиладамантан цис   |
| 15     | 1,3,4-триметиладамантан транс |
| 16     | 3,5-диметил-1-этиладамантан   |
| 17     | 1,2,6-триметиладамантан       |
| 18     | 1,3,5,7-тетраметиладамантан   |
| 19     | 1,3,5,6-тетраметиладамантан   |
| 20     | 1,2,3,5-тетраметиладамантан   |

Таблица 2

Сравнительное распределение адамантанов в конденсате и нефтях Западной Якутии

| Наименование                    | Конденсат Средневилуйское м-е, Т <sub>1</sub> -III | Нефть Мастахское м-е, J <sub>1</sub> -I | Нефть Талаканское м-е, осинский гор-т | Нефть Иреляхское м-е, ботуобинский гор-т |
|---------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------------|
| Тип флюида                      | Конденсат                                          | Нефть                                   | Нефть                                 | Нефть                                    |
| Площадь                         | Средневилуйская                                    | Мастахская                              | Талаканская                           | Иреляхская                               |
| Возраст, горизонт               | T <sub>1</sub> -III                                | J <sub>1</sub> -I                       | осинский гор-т                        | ботуобинский гор-т                       |
| Содержание, % на ∑ адамантанов: |                                                    |                                         |                                       |                                          |
| Адамантан                       | 5,91                                               | 7,37                                    | 3,13                                  | 2,55                                     |
| Метиладамантаны                 | 34,04                                              | 29,96                                   | 20,54                                 | 15,74                                    |
| Диметиладамантаны               | 38,30                                              | 40,55                                   | 34,38                                 | 37,03                                    |
| Триметиладамантаны              | 18,96                                              | 16,59                                   | 28,56                                 | 32,13                                    |
| Тетраметиладамантаны            | 3,79                                               | 5,53                                    | 13,39                                 | 12,55                                    |

Соотношения адамантановых углеводородов в конденсате и нефтях Западной Якутии

| Наименование                          | Конденсат<br>Средневилюйское<br>м-е, Т <sub>1</sub> -III | Нефть<br>Мастахское<br>м-е, J <sub>1</sub> -I | Нефть<br>Талаканское м-е,<br>осинский гор-т | Нефть<br>Иреляхское м-е,<br>ботуобинский гор-т |
|---------------------------------------|----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------------|
| Тип флюида                            | Конденсат                                                | Нефть                                         | Нефть                                       | Нефть                                          |
| Площадь                               | Средневилюйская                                          | Мастахская                                    | Талаканская                                 | Иреляхская                                     |
| Возраст, горизонт                     | Т <sub>1</sub> -III                                      | J <sub>1</sub> -I                             | осинский гор-т                              | ботуобинский гор-т                             |
| C <sub>11</sub> /C <sub>13</sub>      | 1,57                                                     | 1,81                                          | 0,72                                        | 0,49                                           |
| C <sub>12</sub> /C <sub>13</sub>      | 2,32                                                     | 2,44                                          | 1,20                                        | 1,15                                           |
| 1MA/(1+2-MA),%                        | 69,09                                                    | 70,76                                         | 76,90                                       | 78,40                                          |
| 1ЭА/(1+2-ЭА),%                        | 29,39                                                    | 37,45                                         | 41,60                                       | 54,49                                          |
| 1,3ДМА/(1,3-+1,2-+1,4-ДМА),%          | 37,13                                                    | 34,34                                         | 38,24                                       | 41,66                                          |
| 1,3,5-ТМА/(1,3,5-+1,3,6-+1,3,4-ТМА),% | 20,71                                                    | 22,17                                         | 25,01                                       | 24,79                                          |
| цис-1,4-ДМА/транс-1,4-ДМА             | 1,12                                                     | 1,14                                          | 1,16                                        | 1,00                                           |
| цис-1,3,4-ТМА/транс-1,3,4-ТМА         | 1,11                                                     | 1,00                                          | 1,08                                        | 1,07                                           |

тиладамантан. Отношение  $C_{12}/C_{13}$  больше  $C_{11}/C_{13}$  в 1,4 раза. Среди диметиладамантанов цис-изомеры преобладают над транс-изомерами, среди триметиладамантанов цис- и транс-изомеры находятся в равных соотношениях (табл.2, 3).

Сравнительный анализ показал, что все узкие дистиллятные фракции характеризуются однотипным составом и характером распределения адамантановых УВ. Относительное содержание адамантана (в расчете на адамантановую фракцию) составляет от 5,17 до 9,09%. Наибольший процент в составе адамантанов во всех фракциях приходится на диметиладамантаны  $C_{12}$  (39,8–44,8%) и монометиладамантаны  $C_{11}$  (27,1–32,8%). Отношение  $C_{12}/C_{13}$  больше  $C_{11}/C_{13}$  в 1,3–1,6 раза. Среди ди- и триметиладамантанов цис- и транс-изомеры находятся практически в равных соотношениях.

Процессы биодеградаци, оказавшие влияние на состав и особенности распределения алкановых УВ нижнеюрской нефти, не изменили нормальный характер распределения адамантановых структур. Это свидетельствует об устойчивости адамантанов к процессам биодеградаци и о возможности использования параметров их состава в качестве генетических критериев.

Нефти венд-кембрийских отложений Талаканского и Иреляхского месторождений относятся к легким и средним (822,2–865,7 кг/м<sup>3</sup>), малопарафинистым (0,41–4,36%), малосернистым (0,22–0,46%), смолистым (8,9–20,5%) нефтям с вязкостью 10,98–30,83 мм<sup>2</sup>/с.

Фракция 150–250°C, содержащая адамантановые УВ, составляет 16,8% в талаканской нефти и 19,5% – в иреляхской. Для узких 10°-х дистиллятных фракций в интервале температур 150–250°C по мере повышения температуры выкипания фракций их плотность изменяется от 755 до 830 кг/м<sup>3</sup>, вязкость – от 1,11 до 5,62

мм<sup>2</sup>/с, содержание серы от 0,028 до 0,161%. Температура застывания составляет –45...–52°C во фракции 180–190°C и повышается до –19...–31,5°C во фракции 240–250°C. Все фракции характеризуются высоким содержанием алкановых углеводородов, а среди них гомологов нормального строения.

Адамантановые углеводороды фракции 150–250°C нефтей Талаканского и Иреляхского месторождений представлены гомологическим рядом от  $C_{10}H_{16}$  до  $C_{14}H_{24}$ . На долю этих углеводородов приходится около 0,25%, что в пересчете на нефть составляет приблизительно 0,04%. В их составе преобладают диметилзамещенные адамантаны, относительное содержание которых 34,4–37,0%. Метиладамантаны составляют 15,7–20,5%, среди них основная доля 12,3–13,4% приходится на 1-метиладамантан. Триметиладамантаны составляют 28,5–32,1%. Отношение  $C_{12}/C_{13}$  больше  $C_{11}/C_{13}$  в 1,6–2,3 раза. Среди диметил- и триметиладамантанов цис-изомеры преобладают над транс-изомерами или их соотношение близко к единице (табл.2, 3).

Узкие дистиллятные фракции однотипны по составу и характеру распределения адамантановых УВ. По мере повышения температуры выкипания фракций в их составе понижается относительное содержание адамантана и суммарное количество более низкомолекулярных алкилзамещенных адамантанов и увеличивается доля более высокомолекулярных структур. Среди ди- и триметиладамантанов цис-изомеры несколько преобладают над транс-изомерами или находятся в близких соотношениях.

В результате проведенных исследований установлено, что содержание адамантановых углеводородов в нефтях Талаканского и Иреляхского месторождений, относящихся по химическому типу к алкановым нефтям, значительно ниже, чем в нижнеюрской нефтяной нефти Мастахского месторождения. Это согласуется с мнением

исследователей, отмечающих, что количество адамантановых УВ в различных нефтях находится в прямой зависимости от химической природы нефти. Наиболее высоким содержанием адамантанов характеризуются нефти нафтенного типа, парафинистые нефти содержат эти УВ в значительно меньшем количестве [2]. Как видно из табл.2, во фракциях 150–250°C нефтей Талаканского и Иреляхского месторождения по сравнению с нефтью Мастахского месторождения ниже содержание адамантана, метиладамантанов и выше доля три- и тетраметиладамантанов. В целом состав и характер распределения адамантанов в изученных углеводородных флюидах однотипны.

Следует отметить, что во всех исследованных нефтях и конденсате наблюдается необычный порядок элюирования алкиладамантанов, например, как на рисунке. Все метилзамещенные (в голове моста) адамантаны имеют значительно более низкие температуры кипения, чем углеводороды, где хотя бы один из заместителей не расположен в голове моста (2-метил-, 1,2- и 1,4-диметиладамантаны и др.). Разница в температурах кипения таких адамантанов настолько велика, что 2-метиладамантан элюируется позднее 1,3,5,7-тетраметиладамантана [10].

Известно, что термодинамически более устойчивые углеводороды: 1-метил-, 1,3-диметил-, 1,3,5-триметил- и 1,3,5,7-тетраметиладамантаны, хотя и присутствуют в заметных концентрациях, все же не являются основными компонентами нефтяных смесей. Аналогичное распределение адамантановых углеводородов было получено и в изученных углеводородных флюидах: концентрации более устойчивых изомеров адамантанов  $C_{11}$ – $C_{13}$  – 1-метил-, 1,3-диметил- и 1,3,5-триметиладамантана оказались ниже равновесных и падали с увеличением молекулярной массы адамантановых УВ (табл.3). Так, относительное содержание 1-метиладамантана составило 76,9–78,4%, 1,3-диметиладамантана – 38,2–41,2%, 1,3,5-триметиладамантана – 24,8–25,0%. В то время как в равновесии их содержание варьирует в пределах 92,5–98% [10].

Предполагается, что адамантановые углеводороды могли образоваться путем изомеризации трициклических углеводородов на природных алюмосиликатных катализаторах. Согласно экспериментальным данным [10], образование термодинамически более устойчивых изомеров – соединений, содержащих алкильные группы в узловых положениях, является наиболее медленной стадией изомеризации. Эта особенность изомерных превращений и определяет, по-видимому, относительно не-

большое содержание таких изомеров в нефтях. Также известно, что с увеличением числа замещенных третичных атомов углерода в молекуле алкиладамантанов значительно уменьшается скорость их изомеризации [2]. Вероятно, вследствие этого в ряду алкиладамантанов  $C_{12}$ – $C_{14}$  степень превращения природных алкиладамантанов уменьшается. Эта закономерность наблюдалась и в исследованных нефтях (табл.3). По мнению Е.И. Багрия [2], это свидетельствует в пользу того, что образование адамантанов шло путем изомеризации трициклических углеводородов, а содержание и соотношение изомеров алкиладамантанов нефти определяются природой катализатора, условиями и продолжительностью контакта с катализатором, т.е. кинетическими факторами.

Более высокое содержание адамантанов в нафтенных нефтях связывают [2] с их химическим составом, характеризующимся содержанием большого количества полициклических углеводородов, при деструкции которых могут образовываться фрагменты, являющиеся предшественниками адамантанов.

## Выводы

1. Установлено присутствие адамантановых УВ, представленных гомологическим рядом  $C_{10}$ – $C_{14}$ , в разновозрастных нефтях и конденсате Западной Якутии: в нижнеюрской нефти Мастахского месторождения, в нижнетриасовом конденсате Средневилюйского месторождения, в вендских нефтях Талаканского и Иреляхского месторождений. В их составе в мастахской нефти и средневилюйском конденсате преобладают диметил- и монометиладамантаны, в талаканской и иреляхской нефтях – диметил- и триметиладамантаны.

2. Количественное содержание адамантанов преимущественно определяется химическим типом нефти и источником их генерации. Наибольшее содержание адамантановых углеводородов (0,28%) установлено в нафтенной нефти Мастахского месторождения, генерированной органическим веществом континентальных фаций. Наименьшее (0,04%) – в алкановых нефтях Талаканского и Иреляхского месторождений, связанных генетически с органическим веществом морских фаций. В средневилюйском конденсате содержание адамантанов 0,08%. Более высокое содержание адамантановых УВ в нафтенных нефтях связывают с большим количеством полициклических УВ, при деструкции которых могут образоваться фрагменты, являющиеся предшественниками адамантанов.

3. Состав и распределение адамантанов в узких дистиллятных фракциях нефтей и конденса-

та, выкипающих в пределах 150–250°C, носят однотипный характер. По мере повышения температуры выкипания фракций в них уменьшается содержание адамантана и суммарное содержание более низкомолекулярных алкилзамещенных адамантанов и увеличивается доля более высокомолекулярных.

4. Отмечен необычный порядок элюирования алкиладамантанов. Все метилзамещенные (в голове моста) адамантаны имеют значительно более низкие температуры кипения, чем углеводороды, где хотя бы один из заместителей не расположен в голове моста (2-метил-, 1,2- и 1,4-диметиладамантаны и др.).

5. Установлен неравновесный характер распределения алкилзамещенных адамантанов во всех исследованных флюидах, в целом характерный для нефтей и указывающий на важную роль кинетического фактора в процессах образования адамантановых углеводородов. Вследствие этого содержание и соотношение изомеров адамантановых УВ должно зависеть не только от состава нефти и материнского органического вещества, но и от путей миграции углеводородов, времени миграции, состава пород, выполняющих функцию катализатора в процессах изомеризации.

6. Процессы биodeградации, оказавшие влияние на состав и особенности распределения алкановых УВ нефтяной нижеюрской нефти Мастахского месторождения, не изменили состав и нормальный характер распределения адамантановых структур, что свидетельствует о высокой устойчивости адамантанов к биоокислению и о возможности использования их в качестве геохимических меток.

*Исследования выполнены в рамках интеграционного проекта №18 «Нафтеносные нефти и*

*нафтиды Сибири (условия образования, особенности состава и свойства, направления использования)».*

## Литература

1. Петров Ал.А. Химия нафтенос. – М.: Наука, 1971. – 388 с.
2. Багрий Е.И. Адамантаны: Получение, свойства, применение. – М.: Наука, 1989. – 264 с.
3. Гордадзе Г.Н., Арефьев О.А. Адамантаны генетически различных нефтей // Нефтехимия. – 1997. – Т.37, №5. – С.387–395.
4. Гордадзе Г.Н. Термолиз органического вещества в нефтегазопроисводческой геохимии. – М.: ИГиРГИ, 2002. – 336 с.
5. Гируц М.В., Гордадзе Г.Н. Генерация адамантанов и диамантанов в результате термического крекинга полярных компонентов нефтей разного генотипа // Нефтехимия. – 2007. – Т.47, №1. – С.15–25.
6. Гордадзе Г.Н., Русинова Г.В. Диамантаны состава C<sub>14</sub>–C<sub>15</sub> в органическом веществе кристаллического фундамента // Геохимия. – 2004. – №11. – С.1228–1232.
7. Каширцев В.А., Нестеров И.И., Меленевский В.Н. и др. Биомаркеры и адамантаны в нефтях из сеноманских отложений Западной Сибири // Геология и геофизика. – 2013. – Т.54, №8. – С.1227–1235.
8. Петров Ал.А., Головкина Л.С., Русинова Г.В. Масс-спектры нефтяных углеводородов. Справочник (атлас) / Под ред. Ал.А. Петрова. – М.: Недра, 1986. – 313 с.
9. Изосимова А.Н., Чалая О.Н. Реликтовые углеводороды в органическом веществе и нефтях Западной Якутии. – Новосибирск: Наука, 1989. – 127 с.
10. Петров Ал.А. Углеводороды нефти. – М.: Наука, 1984. – 284 с.

*Поступила в редакцию 17.11.2014*

УДК 551.243(571.56)

## Типоморфизм и РТ-условия формирования жильного кварца полихронных месторождений

Г.Н. Гамянин, В.Ю. Фридовский, Л.И. Полуфунтикова, Е.В. Рыжкович

*Изучен кварц метаморфогенно-гидротермального, золото-висмутитового, золото-кварцевого мало-сульфидного, бертьерит-антимонитового, серебро-сурьмяного оруденения Тарынского рудно-*

ГАМЯНИН Геннадий Николаевич – д.г.-м.н., проф., в.н.с. Института геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН, gagmen@mail.ru; ФРИДОВСКИЙ Валерий Юрьевич – д.г.-м.н., проф., директор Института геологии алмаза и благородных металлов СО РАН, 710933@list.ru; ПОЛУФУНТИКОВА Лена Идененовна – к.г.-м.н., доцент ГРФ Северо-Восточного федерального университета, pli07@list.ru; РЫЖКОВИЧ Екатерина Владимировна – зав. лаб. ГРФ Северо-Восточного федерального университета, 2909–87@mail.ru.